

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 16 FEB 2005

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 59 205.9

**Anmeldetag:**

17. Dezember 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Webasto AG, 82131 Stockdorf/DE

Erstanmelder: Webasto Thermosysteme GmbH  
17033 Neubrandenburg/DE

**Bezeichnung:**

Reformer und Verfahren zum Umsetzen von  
Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat

**IPC:**

C 01 B 3/36

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. September 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust



Webasto Thermosysteme GmbH

HP 0517/03 DE P2640DE

5

# ZUSAMMENFASSUNG

10 Die Erfindung betrifft einen Reformer zum Umsetzen von Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zu Reformat (22), mit einer Oxidationszone (24) und einer Reformierungszone (26), wobei der Oxidationszone (24) ein Gemisch aus Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zu-  
15 fñhrbar ist, das nach zumindest teilweiser Oxidation des Brennstoffs (12) zumindest teilweise der Reformierungszone (26) zufñhrbar ist.

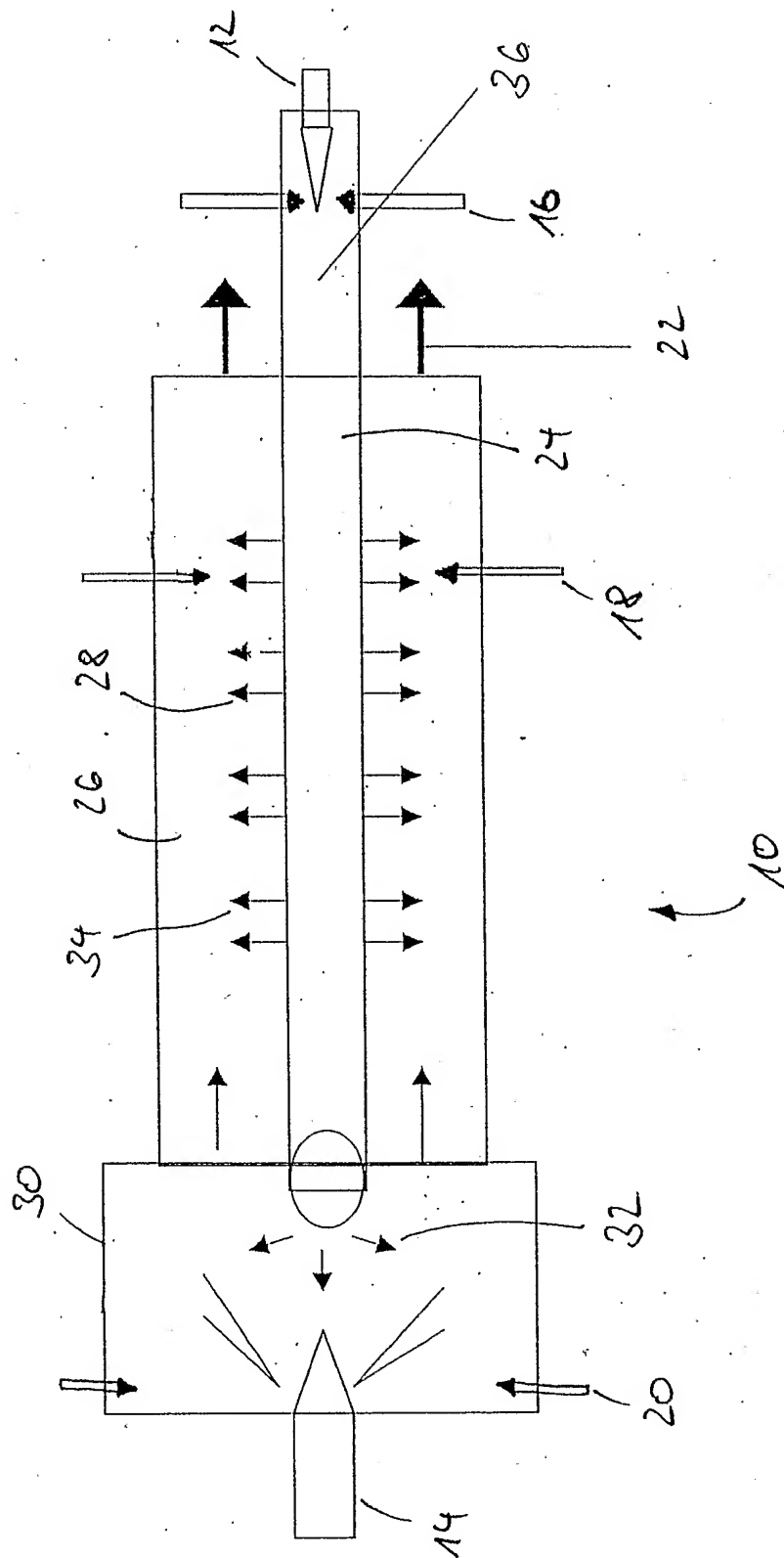
Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Reformierungszone  
20 (26) zusätzlich Brennstoff (14) zufñhrbar ist und dass der Reformierungszone (26) Wärme (28) zufñhrbar ist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Umsetzen von Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zu Reformat (22).

25

Figur 1

112

Fig. 1



5

17 12 03

SCHUMACHER & WILLSAU  
PATENTANWALTSSOZIENTÄT

PATENTANWÄLTE  
EUROPEAN PATENT ATTORNEYS  
EUROPEAN TRADEMARK ATTORNEYS

NYMPHENBURGER STRASSE 42  
D-80335 MÜNCHEN

TEL. 089/12 11 476-0  
FAX 089/12 11 476-10

MAIL@SCHUMACHER-WILLSAU.DE  
WWW.SCHUMACHER-WILLSAU.DE

Webasto Thermosysteme GmbH

HP 0517/03 DE P2640DE

5 Reformer und Verfahren zum Umsetzen von Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat

10 Die Erfindung betrifft einen Reformer zum Umsetzen von Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat, mit einer Oxidationszone und einer Reformierungszone, wobei der Oxidationszone ein Gemisch aus Brennstoff und Oxidationsmittel zuführbar ist, das nach zumindest teilweiser Oxidation des  
15 Brennstoffs zumindest teilweise der Reformierungszone zuführbar ist..

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Umsetzen von Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat in einem  
20 Reformer mit einer Oxidationszone und einer Reformierungszone, wobei der Oxidationszone ein Gemisch aus Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführt wird, das nach zumindest

teilweiser Oxidation des Brennstoffs zumindest teilweise der Reformierungszone zugeführt wird.

Gattungsgemäße Reformer und gattungsgemäße Verfahren haben  
5 zahlreiche Anwendungsbereiche. Insbesondere dienen sie dazu, einer Brennstoffzelle ein wasserstoffreiches Gasgemisch zuzuführen, aus dem dann auf der Grundlage elektrochemischer Vorgänge elektrische Energie erzeugt werden kann. Derartige Brennstoffzellen kommen beispielsweise im Kraft-  
10 fahrzeugbereich als Zusatzenergiequellen, sogenannte APUs ("auxiliary power unit"), zum Einsatz.

Der Reformierungsprozess zum Umsetzen von Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat kann nach unterschiedlichen  
15 Prinzipien erfolgen. Beispielsweise ist die katalytische Reformierung bekannt, bei der ein Teil des Brennstoffs in einer exothermen Reaktion oxidiert wird. Nachteilig an dieser katalytischen Reformierung ist die hohe Wärmeenerzeugung, die Systemkomponenten, insbesondere den Katalysator, irreversibel schädigen können.  
20

Eine andere Möglichkeit zur Erzeugung eines Reformats aus Kohlenwasserstoffen ist das "Steam-Reforming". Dabei werden Kohlenwasserstoffe mit Hilfe von Wasserdampf in einer endo-  
25 thermen Reaktion zu Wasserstoff umgesetzt.

Eine Kombination dieser beiden Prinzipien, das heißt der Reformierung auf der Grundlage einer exothermen Reaktion und der Erzeugung von Wasserstoff durch eine endotherme Reaktion, bei der die Energie für die Dampfreformierung aus  
30 der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe gewonnen wird, wird

als autotherme Reformierung bezeichnet. Hierbei kommt es jedoch zu den zusätzlichen Nachteilen, dass eine Zuführungsmöglichkeit für Wasser bereitgestellt werden muss. Hohe Temperaturgradienten zwischen der Oxidationszone und der Reformierungszone stellen weitere Probleme im Temperaturhaushalt des gesamten Systems dar.

Ein Beispiel für einen Reformer mit einer von einer Reformierungseinheit getrennten Oxidationseinheit ist in der DE 199 43 248 A1 angegeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Reformer und ein Verfahren zum Umsetzen von Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat zur Verfügung zu stellen, bei dem die genannten Probleme zumindest teilweise überwunden werden und bei dem insbesondere keine Probleme durch hohe Temperaturen beziehungsweise große Temperaturgradienten entstehen.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Reformer dadurch auf, dass der Reformierungszone zusätzlich Brennstoff zuführbar ist und dass der Reformierungszone Wärme zuführbar ist. Der zusätzlich zugeführte Brennstoff bildet somit zusammen mit dem Abgas aus der Oxidationszone das Ausgangsgasgemisch für den Reformierungsprozess. Durch die Vermischung des Brennstoffs mit dem Abgas wird ein kleiner  $\lambda$ -

Wert zur Verfügung gestellt (beispielsweise  $\lambda = 0,4$ ), und unter Zuführung von Wärme kann eine endotherme Reformierungsreaktion stattfinden.

5 In diesem Zusammenhang ist es besonders nützlich, dass der Reformierungszone Wärme aus der exothermen Oxidation in der Oxidationszone zuführbar ist. Die in der Oxidationszone entstehende Wärmeenergie wird somit im Rahmen der Reformierungsreaktion umgesetzt, so dass die Nettowärmeproduktion  
10 des Gesamtprozesses nicht zu Problemen im Temperaturhaushalt des Reformers führt.

Nützlicherweise ist vorgesehen, dass die Reformierungszone eine Oxidationsmittelzuführung aufweist, über die zusätzlich  
15 Oxidationsmittel zuführbar ist. Auf diese Weise steht ein weiterer Parameter zur Beeinflussung der Reformierung zur Verfügung, so dass diese optimiert werden kann.

Die Erfindung ist in besonders nützlicher Weise dadurch  
20 weitergebildet, dass der zusätzliche Brennstoff einer Einspritz- und Gemischbildungszone zuführbar ist und dass der zusätzliche Brennstoff aus der Einspritz- und Gemischbildungszone in die Reformierungszone strömen kann. Diese Einspritz- und Gemischbildungszone ist somit in Strömungs-  
25 richtung der Reformierungszone vorgelagert, so dass der Reformierungszone ein gut vermisches Ausgangsgas für die Reformierungsreaktion zur Verfügung gestellt wird.

In diesem Zusammenhang ist es besonders nützlich, dass der  
30 zusätzliche Brennstoff durch die thermische Energie des aus der Oxidationszone austretenden Gasgemischs zumindest teil-

weise verdampft wird. Somit kann die Reaktionswärme aus der Oxidation auch in vorteilhafter Weise für den Verdampfungsprozess des Brennstoffs genutzt werden.

5 Weiterhin kann es nützlich sein, dass das in der Oxidationszone erzeugte Gasgemisch teilweise unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone der Reformierungszone zuführbar ist. Hierdurch steht noch eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung des Reformierungsprozesses zur Verfügung, so dass eine weitere Verbesserung des aus dem Reformer austretenden Reformats im Hinblick auf dessen Anwendung erreicht werden kann.

15 Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, dass der Reformierungszone zusätzlich Brennstoff zugeführt wird und dass der Reformierungszone Wärme zugeführt wird. Auf diese Weise werden die Vorteile und Besonderheiten des erfindungsgemäßen Reformers auch im Rahmen eines Verfahrens umgesetzt. Dies gilt auch für die nachfolgend angegebenen besonders bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

25 Dieses ist in nützlicher Weise dadurch weitergebildet, dass der Reformierungszone Wärme aus der exothermen Oxidation in der Oxidationszone zugeführt wird.

Weiterhin kann es nützlich sein, dass die Reformierungszone eine Oxidationsmittelzuführung aufweist, über die zusätzlich Oxidationsmittel zugeführt wird.



Es ist im Rahmen des Verfahrens bevorzugt, dass der zusätzliche Brennstoff einer Einspritz- und Gemischbildungszone zugeführt wird und dass der zusätzliche Brennstoff aus der Einspritz- und Gemischbildungszone in die Reformierungszone  
5 strömt.

Nützlicherweise ist bei dem Verfahren vorgesehen, dass der zusätzliche Brennstoff durch die thermische Energie des aus der Oxidationszone austretenden Gasgemischs zumindest teilweise verdampft wird.  
10

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass das in der Oxidationszone erzeugte Gasgemisch teilweise unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone der Reformierungszone zugeführt wird.  
15

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch die Trennung von Oxidationszone und Reformierungszone und die Vermischung des Abgases aus der Oxidationszone mit zusätzlich zugeführtem Brennstoff ein Gasgemisch erzeugt werden kann, das im Hinblick auf die nachfolgende Reformierung gute Voraussetzung bietet beziehungsweise durch weitere Zuführung von Abgas und Oxidationsmittel im Hinblick auf den Reformierungsprozess optimiert werden kann.  
20

Die Erfindung wird nun in Bezug auf die begleitenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.  
25

30

Dabei zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsge-  
mäßigen Reformers; und

5

Figur 2 ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfin-  
dungsgemäßen Verfahrens.

10

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines erfin-  
dungsgemäßen Reformers. Dem Reformer 10 kann Brennstoff 12  
und Oxidationsmittel 16 über jeweilige Zuführungen einge-  
speist werden. Als Brennstoff 12 kommt beispielsweise Die-  
sel in Frage, das Oxidationsmittel 16 ist in der Regel  
Luft. Die unmittelbar bei der anfänglichen Verbrennung ent-  
stehende Reaktionswärme kann in einer optional zur Verfü-  
gung gestellten Kühlzone 36 teilweise abgeführt werden. Das  
Gemisch tritt dann weiter in die Oxidationszone 24, die als  
innerhalb der Reformierungszone 26 angeordnetes Rohr reali-  
siert sein kann. In alternativen Ausführungsformen ist die  
20 Oxidationszone durch mehrere Rohre oder durch eine speziel-  
le Rohrführung innerhalb der Reformierungszone 26 reali-  
siert. In der Oxidationszone findet eine Umsetzung von  
Brennstoff und Oxidationsmittel in einer exothermen Reakti-  
on mit  $\lambda \approx 1$  statt. Das dabei entstehende Gasgemisch 32  
25 tritt danach in eine Einspritz- und Gemischbildungszone 30  
ein, in der es mit eingespritztem Brennstoff 14 vermischt  
wird. Die thermische Energie des Gasgemisches 32 kann dabei  
die Verdampfung des Brennstoffs 14 unterstützen. Zusätzlich  
kann vorgesehen sein, dass in die Einspritz- und Gemisch-  
30 bildungszone 30 Oxidationsmittel zugeführt wird. Das so ge-  
bildete Gemisch gelangt dann in die Reformierungszone 26,

wo es in einer endothermen Reaktion mit zum Beispiel  $\lambda \approx 0,4$  umgesetzt wird. Die für die endotherme Reaktion benötigte Wärme 28 wird aus der Oxidationszone 24 abgeführt. Zur Optimierung des Reformierungsprozesses kann zusätzlich  
5 Oxidationsmittel 18 in die Reformierungszone 26 zugeführt werden. Weiterhin ist es möglich, einen Teil des in der Oxidationszone 24 erzeugten Gasgemisches 34 direkt unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone 30 der Reformierungszone 26 zuzuführen. Das Reformat 22 strömt dann aus  
10 der Reformierungszone 26 aus und steht für weitere Anwendungen zur Verfügung.

Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. In Schritt S01 wird einer Oxidationszone Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführt. Da-  
15 nach erfolgt in Schritt S02 eine zumindest teilweise Oxidation des Brennstoffs. Gemäß Schritt S03 wird das aus der Oxidationszone austretende Gasgemisch der Einspritz- und Gemischbildungszone zugeführt. Weiterhin wird in Schritt  
20 S04 der Einspritz- und Gemischbildungszone zusätzlicher Brennstoff zugeführt. Das in der Einspritz- und Gemischbildungszone erzeugte Gemisch wird dann in Schritt S05 der Reformierungszone zugeführt, wo es in Schritt S06 in einer endothermen Reaktion unter Ausnutzung der Reaktionswärme  
25 der exothermen Oxidation reformiert wird. In Schritt S07 wird das Reformat entnommen.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung  
30 können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

SCHUMACHER & WILLSAU  
PATENTANWALTSSOZIELTÄT

- 9 -

Bezugszeichenliste

5	12	Brennstoff
	14	Brennstoff
	16	Oxidationsmittel
	18	Oxidationsmittel
	20	Oxidationsmittel
10	22	Reformat
	24	Oxidationszone
	26	Reformierungszone
	28	Wärme
	30	Einspritz- und Gemischbildungszone
15	34	Gasgemisch
	36	Kühlzone

Webasto Thermosysteme GmbH

HP 0517/03 DE P2640DE

5

ANSPRÜCHE

10 1. Reformer zum Umsetzen von Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zu Reformat (22), mit einer Oxidationszone (24) und einer Reformierungszone (26), wobei der Oxidationszone (24) ein Gemisch aus Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zuführbar ist, das nach zumindest teilweiser Oxidation des Brennstoffs (12) zumindest teilweise der Reformierungszone (26) zuführbar ist, **dadurch gekennzeichnet,**

20 - dass der Reformierungszone (26) zusätzlich Brennstoff (14) zuführbar ist und

- dass der Reformierungszone (26) Wärme (28) zuführbar ist.

25 2. Reformer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Reformierungszone (26) Wärme (28) aus der exothermen Oxidation in der Oxidationszone (24) zuführbar ist.

30 3. Reformer nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Reformierungszone (26) eine Oxidationsmittel-



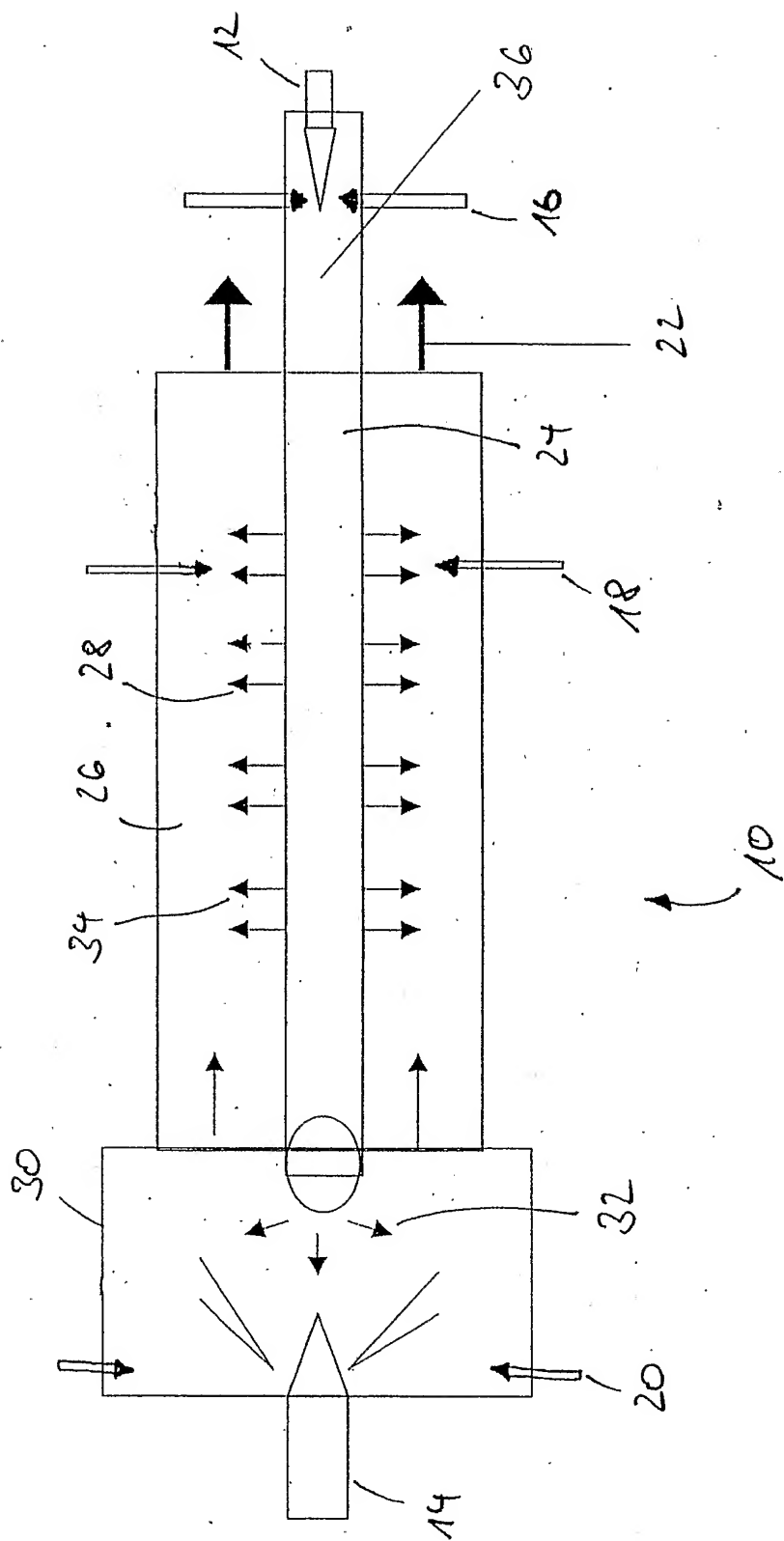


tretenen Gasgemischs (34) zumindest teilweise verdampft wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Oxidationszone (24) erzeugte Gasgemisch (34) teilweise unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) der Reformierungszone (26) zugeführt wird.



Fig. 1



212

Fig. 2

